

## 과학의 철학적 이해 2016년 1학기 중간고사 (학생들의 좋은 답안)

### 1. 아래의 두 문제 중 하나를 선택하여 풀 것. (8점)

- (1) 뉴턴 역학 또는 주기율표의 사례를 이용하여 정상과학의 성격을 논하고, 이를 이용해 포퍼의 반증주의를 비판하라.

정상과학이란 패러다임에 기반한 퍼즐 풀이이다. 여기서 과학자들은 ‘자연을 패러다임에 우겨 넣는다.’ 즉 모르는 부분에 대해 패러다임을 기초로 답을 찾으며, 패러다임을 반증하는 듯한 관찰 결과나 사례가 있어도 패러다임에 기초하여 뻔질한다. 가령, 뉴턴 역학이 나오고 나서, 천왕성의 궤도가 뉴턴 역학이 예상한 것과는 다르게 관측되었지만, 물리학자들은 뉴턴 역학을 바로 폐기하지 않았다. 오히려, 뉴턴 역학의 법칙에 의해 천왕성이 이런 궤도를 가질 수 있는 경우가 무엇이 있는지 생각해 봤다. 그 중 천왕성 바깥에 그동안 발견하지 못한 행성이 있을 것이라는 아이디어가 있었는데, 결국 그 행성(해왕성)이 실제로 관측되었다.

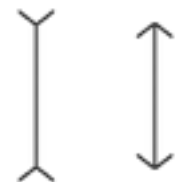
포퍼는 반증가능한 것만 과학이고 이론이 반증되면 겉혀히 폐기되어야 한다고 주장했다. 그러나 이 주장에서 이론을 반증하는 사례가 나오면 어디까지 폐기해야 할지 알기 어렵고, 이론이 너무 쉽게 폐기되면 과학이 발전하기 어려우며, 위의 사례에서 알 수 있듯이 실제로 과학자들이 반증주의를 따르지 않았다는 비판을 할 수 있다.(by ...민...)

- (2) 현대 과학자들이 보테의 행성 궤도 법칙을 잘 수용하지 않는 합리적 이유가 있는지 논하고, 그러한 ‘합리적(?)’ 태도가 과학의 진보에 미칠 수 있는 해악은 없는지 논하라.

현대 과학자들에게[은] 보테의 주장을 뒷받침하는 이론이 존재하지 않았기 때문에 [보테의 법칙을] 잘 수용하지 않았다고 할 수 있다. 또한 그 법칙에 대한 자료도 많은 수로 이루어지지 않았기에 법칙이 가지는 설명력이 부족하다고 할 수 있다. 이론에 의해 뒷받침되어야 법칙이 신뢰를 얻을 수 있다는 태도는 과도한 양의 법칙의 생성을 제어하지만 애초에 이론이 제대로 성립되지 않은 분야에서 그러한 태도를 지니게 되면 그 분야의 탐구가 힘들어지도록 한다. [사례가 있다면?] 어떤 법칙이 뒷받침하는 것이 많을수록 신뢰도가 높다는 태도는 엄밀함을 높이는 데 좋은 태도다.(by ...진...)

### 2. 아래의 두 문제 중 하나를 선택하여 풀 것. (8점)

- (1) 오른쪽 그림에서 막대 (a)는 막대 (b)보다 길어 보인다. 그러나 자를 대보면 길이가 같다. 이처럼 두 가지 관찰 결과가 충돌할 때, 당신은 그 충돌을 어떻게 합리적으로 해소할 수 있겠는가? 이러한 문제와 당신의 해결책은 토대주의적 과학관에 어떤 함의를 가지는가?



(a) (b)

일관성과 정밀성의 측면에서 판단하는 것이 합리적이다. 우선 일관성을 비교하자. (a)를 두 개 만들어 함께 보면 두 막대의 길이가 우리 눈에 같게 보인다. 그러나 (a)와 (b)를 함께 보면 상대적으로 (a)가 더 길어보인다. 분명 막대의 길이가 모두 같은데 말이다.[이것을 전제하고 들어가면 안 됩니다.] 반면 자로 재보면 길이가 같다는 결과가 나온다. 이를 통해 자로 재는 것은 눈으로 길이를 비교하는 것에 비해 상대성의 영향을 덜 받는

다. 즉 더 일관성이 있다고 할 수 있다.[자로 재는 것 외에 (a)와 (b)가 같은 길이라는 독립적인 근거가 있어야, 자가 더 좋은 측정장치라는 결론에 동의할 수 있지 않을까요?]

정밀성을 비교해보자. 우리의 눈은 1m와 1.1를 잘 구분하지 못한다. 더 큰 길이일수록 길이 사이의 작은 차이는 잘 느끼지 못한다. 그러나 자로 재보면 그 차이가 명확히 드러난다. 즉 자로 재는 것은 눈으로 재는 것에 비해 더 정밀하다. 즉 종합하면 눈에 의한 관찰 결과보다는 자로 재 관측 결과가 더 믿음직하다는 결론을 내릴 수 있다.

이처럼 자로 재는 것을 길이를 측정하는 기준으로 정하고 나면, 우리는 이 기준을 이용해 더 많은 이론이나 사실을 알아낼 수 있다. 우선 기준을 정하면 그것을 이용해 새로운 과학지식을 쌓아올릴 수 있다는 토대주의 과학관을 확인할 수 있다.[토대주의적 과학관에 대한 함의는 제대로 분석되지 않았다.](by …용…)

[많은 분들이 눈을 선행 기준, 자를 후속 기준으로 삼고서, 인식과정의 반복을 통해 기준 자체가 발전할 수 있다는 답을 적었습니다. 그러나 자가 눈보다 좋다는 것을 알아야 발전했다고 믿을 수 있는 것이지, 그냥 무조건 그렇게 될 거라고 낙관해서는 곤란합니다.]

(다른 답안) 일단 내 눈의 측정과 자의 측정 중 하나의 측정이 맞다고 가정하고 나머지 측정값이 맞는 측정값과 같아지도록 방해요소들을 없앨 것이다. 일단 두 손으로 행하는 온도 측정 실험을 토대로 인간의 감각만으로 무언가를 측정하는 것은 불확실함을 알 수 있으므로 자를 이용한 측정이 맞다고 가정한다. 이때 자로 측정한 결과가 맞고 두 막대가 길이가 같다고 나왔다면 눈으로 측정할 때에 무언가 방해 요소가 있었다는 예측을 하여 두 막대기 끝에 달린 화살표를 지워 관측 결과를 해소할 것이다.(by …정…) [참신한 해결책입니다. 다만 토대주의에 대한 함의가 분석되어 있지 않았습니다.]

- (2) 0℃와 100℃ 사이의 온도를 측정하는 최선의 온도계를 선택하려고 할 때 발생하는 ‘범칙 의존 측정의 문제’가 무엇인지 설명하고, 그 문제에 대한 드 퍅의 해결책이 가진 강점과 약점을 논하라.

‘범칙 의존 측정의 문제’란 우리가 미지의 변수  $x$ 를 측정하고 싶지만 직접 측정할 수 없어 대신  $y$ 를 측정함으로써  $x$ 값을 구하려 할 때 발생하는 문제이다. 우리가  $y$ 를 통해  $x$ 를 측정하기 위해서는  $x$ 와  $y$ 의 관계를 나타내는 함수  $y=f(x)$ 를 알아야 하는데,  $f(x)$ 의 모양을 결정하기 위해서는  $x$ 와  $y$ 의 값을 모두 알아야 하는 문제가 발생한다. 이것이 ‘범칙 의존 측정의 문제’이다.[깔끔한 설명]

온도계의 경우  $x$ 가 온도,  $y$ 가 길이(부피)가 될 것이다. 이때 우리는 온도에 따라 길이가 얼마나 늘어나는지 모른다는 문제에 봉착하게 된다. 드 퍅의 해결책은 0℃와 100℃의 물을 일정 비율로 혼합[함으로써] 우리가 온도를 [알 수 있]는 물에 온도계를 사용하여 길이를 측정하는 것이다. 이 해결책의 강점은  $x$ 값(온도)을 알 수 있어  $f(x)$ 의 모양(온도와 길이의 관계)을 밝힐 수 있다는 점이다. 따라서 이 방법을 통해 다양한 물질을 온도계에 넣어봄으로써 가장 온도에 따른 부피 증가가 일정한 물질로 온도계를 만들면 나름 타당한 온도계를 얻을 수 있다.

하지만 이 해결책의 약점은 다음과 같다. 첫째, 정확히 0℃와 100℃의 물을 얻는 것이 쉽지 않았을 것이다. 둘째, 0℃ 물과 100℃ 물을 1:1로 섞었을 때 50℃가 된다는 것이 우리의 가정이지만, 이 가정을 뒷받침할 이론이 없는 상태이다. 셋째, 우리가 둘째의 단점을 무시하고 100- $x$ : $x$ 의 비율로 섞으면  $x$ ℃가 된다고 가정하고 실험을 하여도, 우리가 모든 값을 측정할 수는 없으므로 근사를 할 수밖에 없다. 하지만 실제 부피 증가량[혼합된 물의 온도가] 이렇게 근사한 식을 따른다는

보장이 없다. 이는 물의 비열이 일정한지 알 수 없기 때문이다.(by ...지...) [많은 학생들이 비열이 일정하지 '않다'는 것을 혼합법의 단점으로 지적했는데, 그것보다는 비열이 일정한지 '알 수 없다'는 것이 중요한 단점입니다.]

3. 쿤에 따르면 경쟁 관계의 패러다임은 서로 공약불가능하다. 즉 두 패러다임은 판단기준, 개념의 의미, 관측된 현상이 다르다. 이러한 공약불가능성의 사례를 두 가지 들고(각 사례는 공약불가능성의 서로 다른 차원이어야 함), 각 사례에서 성립하는 공약불가능성이 어떻게 패러다임의 선택을 힘들게 만드는지 논하라. (8점)

판단기준의 변화로, 데카르트 역학은 역학 원리의 기저에 있는 근본 원리를 탐구하는 것을 목적으로 하였으나, 뉴턴 역학은 근본 원리에 대해서는 침묵하고 정확하고 정밀한 법칙을 찾아내 자연에 대한 예측과 설명을 내놓는 것을 목표로 하였다. 두 이론이 경쟁하고 있는 상황에서 데카르트 역학의 목표를 추구하는 사람에게 뉴턴 역학은 근본 원리를 전혀 설명하지 못하는 무익한 이론에 불과하고, 뉴턴 역학의 추종자에게 데카르트 역학은 자연에 대해 정밀한 예측과 설명을 내지 못하는 사이비 과학에 불과하다. 관측된 현상이 달라지는 예로는 신성[과 혜성]의 관찰을 들 수 있다. 프톨레마이오스[플라톤과 아리스토텔레스]의 완전한 우주론을 믿는 사람은 신성[또는 혜성] 현상을 대기 현상으로 치부하였다. 신성 현상은 완전한 우주론에 대한 상당한 비판이 되었다는 견해가 많이 있으나, 완전한 우주론을 굳게 믿는 사람에게는 설득력이 크게 떨어진다.(by ...부...) [실제로 우주의 완전성을 믿었던 서양 사람들은 오랫동안 아예 신성을 관측하지도 못했고, 혜성은 오랫동안 대기 현상으로 취급되었습니다. 신성과 혜성은 모두 우주의 완전성에 대한 의심이 시작된 코페르니쿠스 이후에 관측되었습니다. 이는 분명한 패러다임에 따라 현상 세계가 달라진 좋은 사례입니다. 그러나 이 사례는 좀더 조심히 볼 필요가 있습니다. 특히, 누군가 신성과 달 위의 혜성을 관측했다고 주장하는 사람이 나온 순간부터는 상황이 달라집니다. 실제로 티코와 같은 신성 관측가들은 신성이 달 위에 있다는 것을 보이는 정밀한 측정 결과도 함께 제시했습니다. 기존의 패러다임은 신성을 보지 못하게 눈을 가리고, 구태여 혜성의 달 위에 있는지 아래에 있는지를 알아보기 위해 일주시차를 측정해볼 생각을 하지 못하게 만들었습니다. 그러나 누군가 일단 신성을 보고하고 혜성의 높이를 측정한 사람이 나타난 이후에는 상황이 달라져, 관측에 대한 패러다임의 통제력은 엄청나게 줄어들게 됩니다. 알고보니 신성을 보는 것과 혜성의 일주시차 관측은 맨눈으로, 또는 그동안 사용해 오던 천문 관측 기구를 통해 누구나 쉽게 할 수 있는 일이었기 때문입니다. 패러다임은 관측을 통제하여 자신에 들어맞는 관측만 나오게 유도함으로써 새로운 패러다임의 후보가 애초에 잘 나오지 못하게 하는 능력을 가지긴 했지만, 일단 새로운 패러다임의 후보가 나타나거나 패러다임에 들어맞지 않는 관측이 나타난 후에는 관측을 그다지 잘 통제하지 못하며, 그 상황에서의 관측은 패러다임의 선택을 그렇게까지 방해하지 않는 것일 수도 있다.] [개념 변화의 사례에서도, 많은 분들이 개념의 의미가 달라져 서로 이해를 못하게 하여 패러다임 선택을 방해한다는 답을 많이 적어주셨습니다. 그러나 지동설과 천동설 사이에 '행성' 개념이 달라졌다고 서로의 이론을 이해하지 못했을까요? 뉴턴 역학과 상대성 이론 사이에 '질량' 개념이 달라졌을 때 이해에 어려움은 다소 있었겠지만 의사 소통이 안 되었을까요? 만약 이러한 개념 변화가 패러다임 선택을 어렵게 했다면, 단지 개념의 의미가 달라졌다는 것만으로는 부족합니다. 이

에 대해서는 ‘화합물’의 의미를 두고 다른 생각을 가졌던 프루스트와 베르톨레의 갈등을 다시 보시기 바랍니다.]

4. 아래의 두 문제 중 하나를 선택하여 풀 것. (8점)

- (1) 장하석의 ‘능동적 실재주의’가 일반적인 실재론과 반 프라센의 구성적 경험주의와 어떻게 차별화되는지 논하라.

우선 일반적인 실재론과 장하석의 능동적 실재주의를 비교해보면, 일반적 실재론은 진리에 다가거나 혹은 그것을 추구해야 한다고 말하는 반면 장하석의 실재주의는 ‘진리의 추구’를 거부한다. 그것은 실현하기에 어려운 목표이기 때문이다. 다만 진리보다 1단계 낮은 진상을 추구하는 것을 목표로 해야 한다고 말한다. 즉 패러다임 내에서 연구는 진상을 탐구하고 그 결과를 패러다임 내의 기준으로 평가받는 것이다.

반 프라센의 구성적 경험주의는 진리가 있어도 그것으로의 접근이나 그것과 관련된 연구 등의 참/거짓을 따질 수 없으므로 경험적 적합성을 추구해야 한다고 말한다. 그러나 장하석의 능동[적 실재]주의는 마음대로 할 수 없는 ‘실재’가 존재하며 그것을 최대한 배우려는 자세를 가져야 한다고 언급한다. 그리고 그 자세로 굳이 패러다임을 하나로 하고 나머지를 제거 혹은 소멸시킬 필요가 없다고 말한다. 이는 경험적 적합성에 맞는 패러다임[이론]을 선택하는 구성적 경험주의와 차별화된다.(이 점은 다원주의라는 측면에서 일반적인 실재론과도 차별화되는 점이기도 하다. 일반적인 실재론 역시 진리에 맞는 하나의 이론만을 선택하기 때문이다.) 그리고 관측 불가능한 영역이 실제로 관측에 영향을 줄 수 있는 것[이것은 반 프라센도 인정함]과 관측 불가능한 영역에 대한 과학자의 믿음을 인정함으로써 구성적 경험주의와 차이가 있다.(by ...동...)

- (2) 장하석의 ‘진보적 정합주의’와 쿤의 견해 사이의 공통점과 차이점에 대해 분석하라.

장하석의 ‘진보적 정합주의’와 쿤의 견해 모두 지식은 완벽하지 않은 토대 위에 쌓아져 뚫어나가는 것이라고 말한다. 패러다임의 토대는 완벽하게 정당화되지는 않을 수 있으며, 인식적 반복으로 가장 처음의 이론을 어느 정도 정당화할 수 있다. 그리고 그 이론 위로 지식들을 쌓아나감으로써 정상과학을 할 수 있다. 그러나 장하석은 패러다임 여러 개가 동시에 성장해 나갈 수 있다고 말한다. 동근 지구 위에서 건물들이 각기 다른 방향으로 뚫어 나가듯이, 여러 개의 패러다임이 동시에 공존할 수 있다고 보았다. 그러나 쿤은 신 패러다임과 구 패러다임 중 어느 하나만 선택할 수 있으며, 두 패러다임이 공존할 수는 없다.(by ...희...)

5. 아래의 두 가지 논변을 비판적으로 검토함으로써 가설 구성에 사용된 자료가 가설에 증거를 제공할 수 있는지에 대해 논하라. 자신의 주장과 근거를 명확히 밝힐 것. (8점)

- (A) 어떤 자료에 들어맞도록 설계된 가설이 그 자료를 설명하는 것은 그 가설에 대한 진정한 시험을 제공하지 못한다. 그 가설은 거짓이라 하더라도 그 시험을 무조건 통과할 것이기 때문이다. 따라서 가설 구성에 사용된 자료는 그 가설에 아무런 증거도 제공할 수 없다.
- (B) 가설과 자료 사이의 증거 관계는 논리적 관계로, 가설과 자료의 발견 순서나 사용 여부와 같은 역사적으로 우연적인 요소가 개입할 수 없다. 누군가 자신의 가설을 구성하는 데 사용한 자료를 숨겼다는 것이 밝혀진다고 증거 판단이 달라져야 하겠는가?

가설 구성에 사용된 자료가 가설에 증거를 제공할 수 있다고 생각한다(B 입장 지지). 예를 들어 e라는 자료로서 h라는 가설을 수립했다고 가정하자. A의 입장으로라면 h라는 가설은 시험을 받아야 한다. 그래서 h는 e'이라는 예측을 내놓았고 예측이 성공했으며 e'이라는 e보다 더 좋은 증거를 확보했다는 것이다. 그렇다면 우리는 이렇게 말할 수 있다. “e는 증거는 아니지만 e를 토대로 h가 설정되었으므로 h가 e를 설명할 수 있으며 e' 또는 가설 h의 예측에 성공했으므로 h가 e'을 설명할 수 있다.” 즉 h는 e와 e' 둘 다 설명할 수 있는 상황이 발생한다는 것이다. 문제는 이 시점에서 발생한다. 만약 e'이라는 자료로서 h라는 가설을 수립하였고 e의 예측에 성공하였다면 전혀 반대되는 상황으로 이때에는 e가 좋은 증거[가 되고] e'은 증거로서 활용되지 못한다. 즉 h라는 가설 하에 e와 e' 둘 다 설명이 가능하지만 발견 순서에 따라 e 또는 e' 중 하나는 좋은 증거가 되고 나머지 하나는 증거로 채택되지 않는 것이다. 따라서 나는 A 입장에서라면 위와 같은 모순적 상황이 발생하기에 [증거 판단에] “가설과 자료의 발견 순서나 사용 여부와 같은 역사적으로 우연적인 요소가 개입할 수 없다”는 B의 입장을 지지하며 가설 구성에 사용된 자료가 가설에 증거를 제공할 수 있다고 주장하는 바이다.(by ...현...)

코멘트 : A의 입장을 가정하여 불합리해 보이는 귀결을 도출한, 참신하고 깔끔한 논변입니다. 물론 반론의 여지는 있습니다. 한 가지 예를 들면, h를 구성하는 데 {e, e'} 중 하나만 필요하다면, 원래의 예측주의에 따르면 가설 구성에 사용되지 않은 나머지 하나만 증거 역할을 할 수 있습니다. 이를 좀더 확장하면 결국 자료 집합 {e, e'}에서 실질적인 증거는 원소 둘 중 어느 것이라고 꼭 짚어 말할 순 없더라도 어쨌든 한 개밖에 없는 셈이라며 약간 변형된 예측주의를 주장할 수 있을 것입니다.